

陸奥湾の波浪，高潮について（第1報）

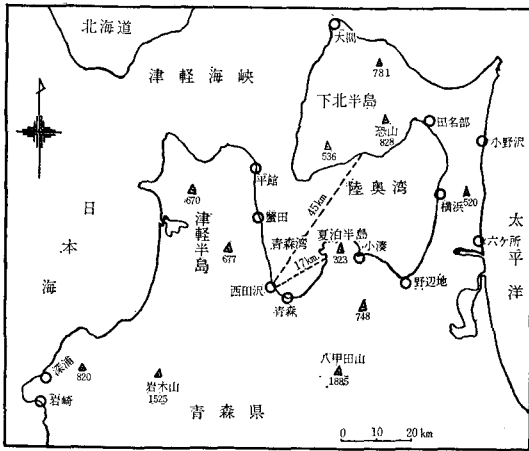
井 沢 健 二*

1. はしがき

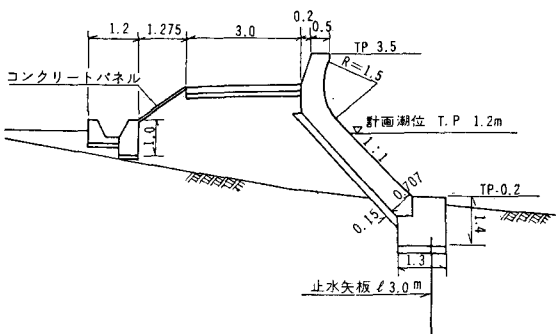
われわれが堤防などの海岸構造物を建設する際、計画の要件として、まず第一に波浪や高潮についての整備された観測資料が要求される。しかし現実には、これらの記録や解析の資料がなかなか整備されていないのが実情であり、やむを得ずわずかな風や潮位の記録からこれを求めて計画としている場合が多い。

本稿は陸奥湾内において最近観測された沖波および、堤防遡上高の二、三の資料をもとに、その特性を明らかにし、かつ、特異な湾形を有する陸奥湾内において季節風や低気圧の通過にともなう複雑な高潮現象の性格につき、若干の考察を試みようとしたものであるが、観測記

図一



図二 青森海岸堤防標準断面図



表一 観測所一覧表

主な観測	観測所名	設置年月日
波浪，風	(建) 西田沢観測所	昭和 36 年 9 月
〃	(〃) 平館 〃	〃 38 年 12 月
陸上気象	(気) 青森気象台	大正 15 年 1 月
〃	(〃) 田名部測候所	昭和 10 年 1 月
風	(〃) 蟹田観測所	
〃	(〃) 野辺地 〃	
〃	(〃) 横浜 〃	
潮位	(運) 青森港検潮所	昭和 30 年
〃	(気) 岩崎 〃	

録もまだ少なく、資料の整理も不十分で、かつ調査も緒についたばかりなので、その成果は期待されたとおりのものとはならなかったが、あえてこれを第1報とし、今日までの結果を概略報告するものである。

陸奥湾内津軽半島東側 19.04 km は、昭和 37 年侵食海岸として、直轄事業区域に指定され、現在突堤工や図一2 に示す海岸堤防を実施している。

湾内において風、波浪、その他の気象、海象記録を提供する主な観測所は表一のとおりである。

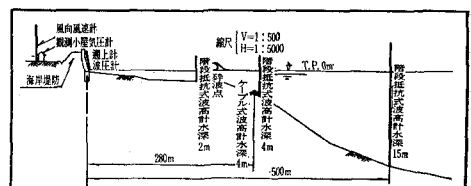
このうち、西田沢観測所は、風向、風速、気圧ならびに波浪の各種海上気象を把握するために工事開始と同時に設置されたものであるが、年々その重要性に鑑み、観測体制が充実され、将来風から沖波に関連づけた後、さらに浅海波、碎波、そして遡上波ならびにその波圧まで、集中的、追跡的な観測を行なうべく着々整備を行っている特色のある観測所である。

観測所の周辺はすでに堤防が完成しており、その横断形状は図一3のとおりである。

また検潮所については、昭和 30 年から観測を行なっている最寄りの青森港のものを使用した。

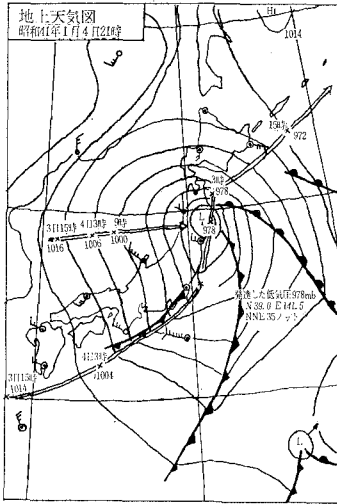
なお、今回の解析には、昭和 37 年度工事着工以来、まれに越波した昭和 41 年 1 月 4～5 日の記録を中心に考察を進めたが、これは、4 日 3 時頃日本海中部にあった低気圧 (1006 mb) が 21 時頃、岩手県宮古付近にあっ

図一3



* 正会員 建設省東北地方建設局青森工事事務所長

図-4



た台風なみの低気圧 (978 mb) に吸収される際、青森県付近を急激に気圧を低めながら通過したため起こったもので、陸奥湾沿岸の気圧は、980 mb にまで下り、風向は4日 13 時頃北から東の風になり、吹送時間は、5日 5 時頃まで 17 時間にもおよんだ。

ちなみにそのときの記録を現計画と対比して表わせば表-2 のとおりである。

表-2 計画値と昭和 41.1.4~5 記録値との比較表

		計 画 値		S. 41.1.4~5 記録値	
波 高 H_0	沖 波	2.50 m		4 th 24 hr $h_0=15$ m	2.33 m
周 期 T	"	6.6 sec		"	5.5 sec
波 長 L_0	"	68.0 m		"	47.2 m
H_0/L_0	"	0.037		"	0.049
h/L_0	"	0.026		"	0.023
遡上高 R	$h=1.74$ m	2.48 m		4 th 24 hr $h=1.00$ m	2.70 m 以上 Scale out (3.90 m?)
潮 位	推算潮位	期望平均満潮位	T.P. 0.63 m	5 th 1 hr	T.P. 0.48 m
	最大偏差	S 37.8.10.20	夏季 0.40 m	4 th 24 hr	0.45 m
	最大潮位	S 37.1. 2.21	冬季 0.57 m	5 th 1 hr	T.P. 0.90 m
風 速 V	S 38. 9.27	18.6 m/sec $t=3.1$ hr	4 th 23.30 hr	"	26.4 m/sec
主 風 向		NE	"	"	ENE
Fetch F		45 km	"	"	17 km

記録値、波はすべて有義波を示す。

2. 波浪観測結果と解析

(1) 波浪特性

西田沢観測所における、1月4~5日、および6月28~29日の表に示す観測結果を使用して、沖波の波高と周期、および堤防遡上高について、若干の考察を加える。

まず、 $H_{\max}$, $H_{1/10}$, $H_{1/3}$, H_{mean} の関係を求めると、

$$H_{1/10} = 1.22 H_{1/3}$$

表-3(a) 1月4日~5日観測

時刻	$H_{\max}$	$H_{1/10}$	$H_{1/3}$	H_{mean}	T_{mean}	$R_{\max}$	$R_{1/10}$	$R_{1/3}$	R_{mean}
20	2.38	1.87	1.55	1.13	5.4				
22	2.23	1.67	1.38	0.98	5.1	3.51	2.84	2.16	1.74
0	3.16	2.65	2.33	1.64	5.5				
2	2.56	2.27	1.80	1.31	5.4	越波	越波	越波	越波
4	2.65	2.29	1.96	1.42	5.8				
6	1.87	1.33	1.15	0.82	5.6				
8	1.16	0.87	0.75	0.53	5.7	3.03	2.46	1.80	0.91
10	1.40	0.85	0.64	0.45	6.1	2.92	2.02	1.43	0.80
12	0.60	0.51	0.40	0.27	4.7	2.67	2.59	2.17	1.40
14	0.53	0.40	0.31	0.20	4.0	2.93	1.91	1.39	0.95
16	0.64	0.42	0.33	0.24	3.1	2.44	2.01	1.62	1.04
18	0.69	0.49	0.42	0.29	3.8	1.85	1.28	1.09	0.76

表-3(b) 6月28日~29日観測

時刻	$H_{\max}$	$H_{1/10}$	$H_{1/3}$	H_{mean}	$T_{\max}$	$T_{1/10}$	$T_{1/3}$	T_{mean}
20	1.46	0.94	0.74	0.48	6.53	4.15	4.12	3.88
22	1.33	1.13	0.92	0.59	?	4.86	4.56	3.89
0	1.17	0.98	0.81	0.52	6.30	4.83	4.51	4.06
2	1.13	0.85	0.66	0.43	4.84	3.98	4.38	3.53

$$H_{\text{mean}} \approx 0.70 H_{1/3}$$

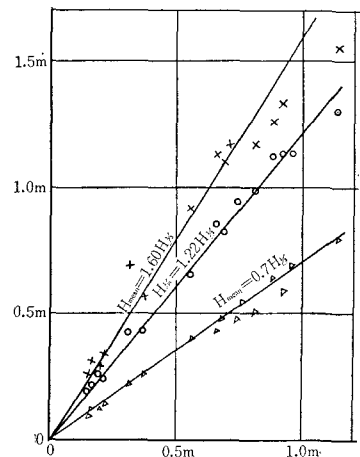
$$H_{\max} \approx 1.60 H_{1/3}$$

となった。

図-5 にそれぞれの関係を示すが、 $H_{1/10}$ と $H_{1/3}$ は比較的よく直線になっており、また、これらの値を他の人々の結果と比較すると、わずかながら小さめの値を示している。

図-6、図-7 は波高および周期に関して、観測時間 20 分ごとに頻度分布を求めたものであるが、近似的に波高は Rayleigh 分布を示し、周期は対数正規分布を示している。

図-5 波高の確率分布



(2) 遡上高

1/3 有義波で代表される不規則な海の波の海岸堤防への遡上に関して一つの試みとして、波浪と同様、遡上高の頻度分布を求めてみた。観測結果の読み取りについては

図-6 波高頻度分布

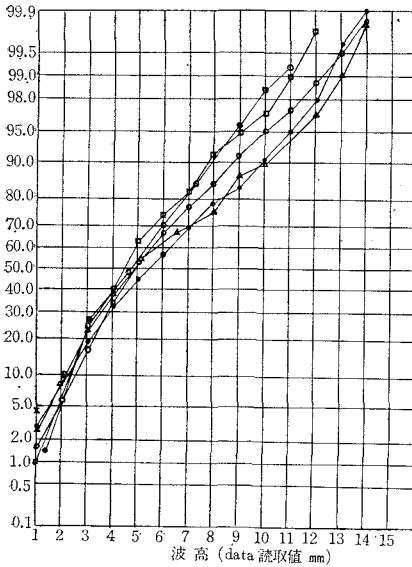


図-7 周期頻度分布

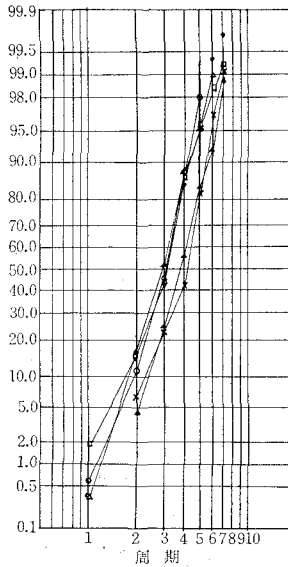
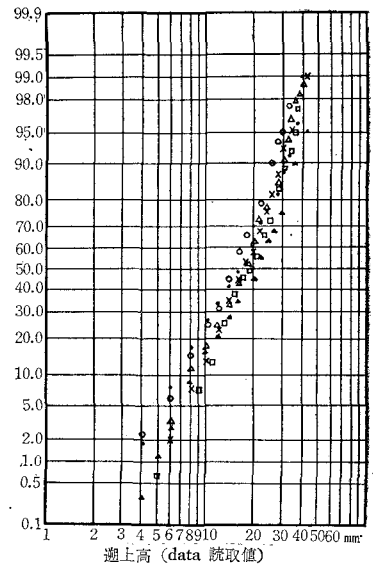


図-8 遡上高頻度分布

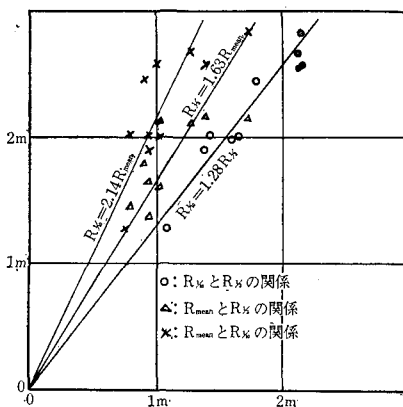


いろいろと問題があるが、ここでは沖波との関連性をつけるため、沖波の波数とはほぼ同数の遡上高（沖波の波数 250~300, 遡上高読取り波数 300 前後）を読み取る便宜的方法を用いた。なお、観測時間は 20 分間であり、頻度分布は各観測時間について求めた。図-8 はその結果得られたもので、この図から、遡上高の分布は近似的に Rayleigh 分布を示すことがわかった。ただ断定するには、あまりに不完全なものであることはいえないが、一応実際の面で、遡上の様相を把握することはできよう。図-9 は、海岸堤防設計上興味ある問題と思われる、 $R_{1/10}$, $R_{1/3}$, R_{mean} の関係をプロットしたもので、その結果

$$R_{1/10} = 1.28 R_{1/3}$$

なる関係を得た。

図-9 遡上高の確率密度

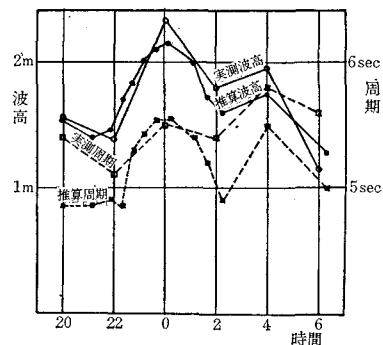


(3) 波浪の推算

Wilson 法を陸奥湾に適用して、1 月 4 日、5 日の波浪を推算した結果を図-10 に示す。この際、風速、風

向は湾内一円の記録を収集、検討の結果用いることとし、風速については西田沢、青森气象台、青森港の 3 カ所の 10 分間平均風速を勘案し、主に西田沢を重視して求めた。風向は低気圧の移動とともに東から北東へと変化しているため、フェッチは 2 時までは夏泊半島よりの 17 km, 4 時、6 時は下北半島よりの 45 km をとった。これによると、実測値とくらべた場合波高については比較的良好一致しているが、周期についてはあまり良い結果が得られず、波高、周期とも満足させることは困難であった。これについては、風の夏泊半島によるしゃへいや、下北半島西岸からの回折波の影響などが考えられ、設計波を求める計算などの上で注意すべき問題であろう。

図-10 Wilson 法による推算値と実測値



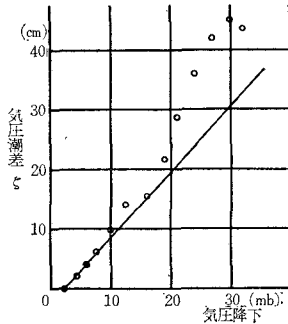
3. 高潮に関する考察

青森港、岩崎港（日本海沿岸）の潮位・気圧および陸奥湾一円の風向・風速観測資料に基づき、陸奥湾の高潮発生源に対して定性的考察を試みた。気象潮の推定に關して天体潮の求め方が問題となり各種方法によりかなりの差が生ずるが、本文の数値は気象庁の資料によった。

(1) 気圧変化と 気象潮

気圧降下と気象潮差の関係の一例(青森港)を図-11に示す。これは移動性低気圧が太平洋側本州沿いに下北半島沖を通過し、陸奥湾内に風向 ENE~NE、最大瞬間風速 30 m/sec の風が吹送した場合であるが、風の影響が小さい気圧降下の初期には、1mb の気圧降下に対してほぼ 1 cm の気象潮が追従することが認められる。しかし過去5年間の記録から、最大気象潮は必ずしも最低気圧時に一致せず 1~3 時間遅れる例が多い。

図-11 気圧降下と気象潮差



観測資料より比較考察する。

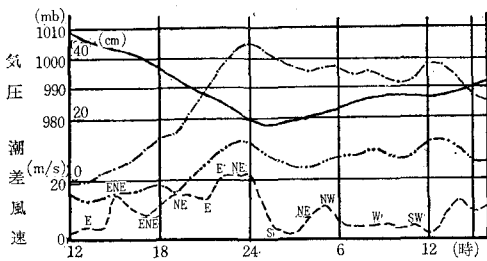
図-12(a)~(d) は昭和40年9月(台風23号・日本海から津軽海峡を通過)と41年1月(移動性低気圧・太平洋下北半島沖を通過)の、青森港および岩崎港における風向・風速・気圧・気象潮差の関係を示す。両回ともに最低気圧は約 980 mb であるが最大気象潮差は年度・観測所によって 15~20 cm の差がみられる。吹寄せに寄与すると考えられる風向は青森港に対して N~ENE、岩崎港に対して S~SW であり、この方向と実測風向・風速を考慮すると、気象潮と相關関係のあることが認められる。図-12(a)における $(\zeta - \zeta_0) \sim h_r$ 曲線は図-11の考察結果を根拠として気圧の効果を除去したと仮想される気象潮差の時間的変化であるが、最大潮差の発生に対して風の影響が大きいことを示している。以上の考察より陸奥湾の高潮に対する吹寄せの効果は気圧の効果に対し少なくとも同程度のものであることが考えられる。

(2) 風向・風速と気象潮

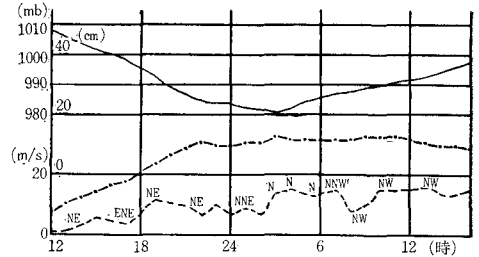
風向・風速と気象潮との関係を青森港および岩崎港の

図-12 気圧・風向・風速・気象潮の時間的変化

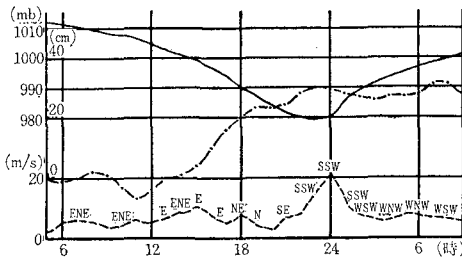
(a) S 41.1.4~5 青森港



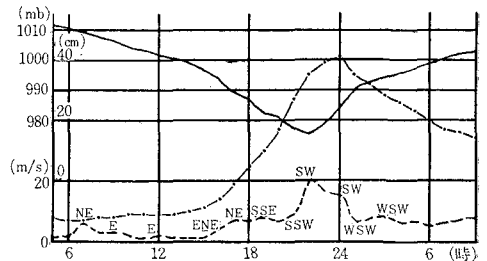
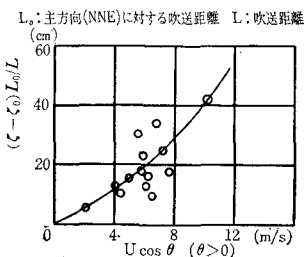
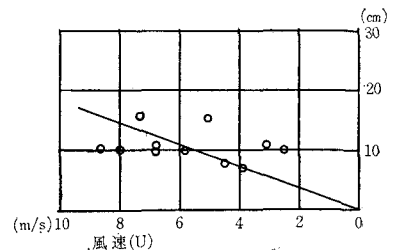
(b) S 41.1.4~5 岩崎港



(c) S 40.9.10~11 青森港



(d) S 40.9.10~11 岩崎港

図-13 (a) 風向・風速と気象潮差
($\zeta - \zeta_0$) の関係図-13 (b) 風向 (S~SSW) の場合の風速と
気象潮差 ($\zeta - \zeta_0$) の関係

差時以前5時間以上継続して同方向に吹送する場合を抽出し、風速は吹送時間の平均値を用いた。(a)図における θ はNNEを主方向とし、 L_0/L は吹送距離に対する夏泊半島の影響を考慮したものである。同図よりN~ENEの風向に対して実線で示した傾向が認められる。(b)図はS~SWの風向に対する関係である。青森湾内のみに着目すると吹払いの効果がある南寄りの風が長時間吹送する場合は $(\zeta-\zeta_0)$ が正の値を示しており外海の吹寄せが湾内の気象潮に影響することが予想されるが、資料が不十分であり今回の解析ではその法則性をつかむことができなかった。

(3) 海面擾乱の伝播

台風・移動性低気圧が太平洋側を通過する場合と津軽海峡を通過する場合について比較し、低気圧の移動にともなう海面擾乱(長波)の湾内進入の影響に関する考察を試みたが、陸奥湾の方向に通過する典型的な場合の観測例がなく結論は得られなかった。

(4) 副振動・セイシュ

陸奥湾を長方形・台形湾として固有周期を概算した結果、湾の長軸方向に対して約280分の周期(1次)が得られた。青森港における高潮記録の典型的一例を図-14

図-14 気象潮差一時間曲線
S 32.12.13~14

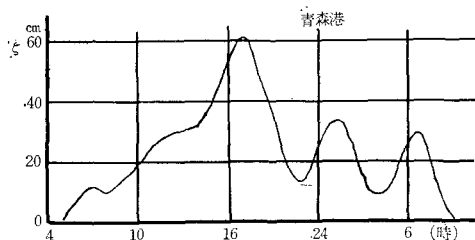
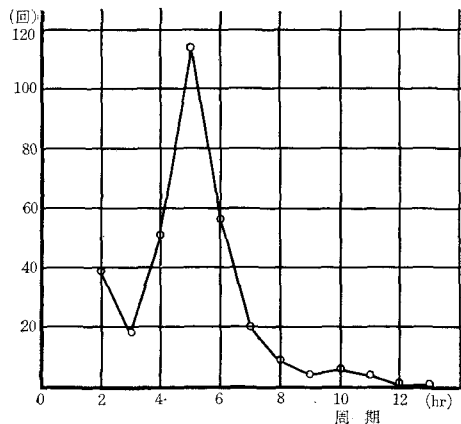


図-15 周期-頻度曲線



に示すが、この気象潮差一時間曲線の resurgence 部分に約5時間周期の振動が認められる。一方、過去の高潮記録を整理した結果得られた周期-頻度の関係を図-15に示すが、同じく5時間の卓越周期が認められる。考察に用いた陸奥湾内の潮位記録は青森港のみであるため振動方向に関する結論は得られないが、上記諸結果より約5時間の固有周期をもつことが想定され、台風が陸奥湾内を通過する場合には共振の可能性も考えられる。

(5) 台風と冬期季節風について

一般に陸奥湾の高潮は発生回数・最大気象潮差ともに冬期季節風に低気圧の効果加わった場合が卓越している。したがってこの湾の高潮は太平洋側の南に開いた湾(東京湾・伊勢湾・大阪湾等)の台風のみによる高潮とはその性格を異にし、潮差は小さい(1m未満)が、多くの場合海面上昇時間が長く、長時間の風浪をとともうため海岸構造物の計画に際しては重要な事項であろう。

4. む す び

ごく最近の限られた資料から、陸奥湾における波浪、高潮について、若干の検討を加えた結果、

波浪については

① 沖波 $H_{1/10} = 1.22 H_{1/3}$ の関係がつかめるなど、波高の確率分布がほぼ明らかとなった。

② 遡上高の分布については、なお、読み取りなどの点で問題はあるが、沖波の場合と同様、近似的には Rayleigh 分布をする。

高潮については

① 一般にいわれるように、気圧のほか、風向、風速に対しても $(\zeta-\zeta_0)L_0/L$ と、 $U \cos \theta (\theta > 0)$ との間に、はっきりした傾向が認められたが、当然、吹払いの効果が予想される南寄りの風が長時間吹く場合においても $(\zeta-\zeta_0)$ が正の値を示し、外海の吹寄せが、湾内の気象潮に影響をおよぼしているのではないかと予測される。

② 特殊な湾形を有する陸奥湾内においては、副振動が予想され、データを整理した結果、明らかに、ほぼ5時間の周期を有する顕著な固有振動があることがわかった。

以上断定するにはやや早計のものもあるが、今後、さらに調査を積み上げ、有益な検討を加えていきたい。

最後に、資料の整理、計算に当り熱心な協力を得た青森工事事務所 戸部昭三郎、長谷川久夫、東北大学 大学院学生 浅川 勉、三王英寿、東北大学付属工業教員養生所学生 幡豆美樹弥、浜田 繁の諸君に厚くお礼を申上げる。